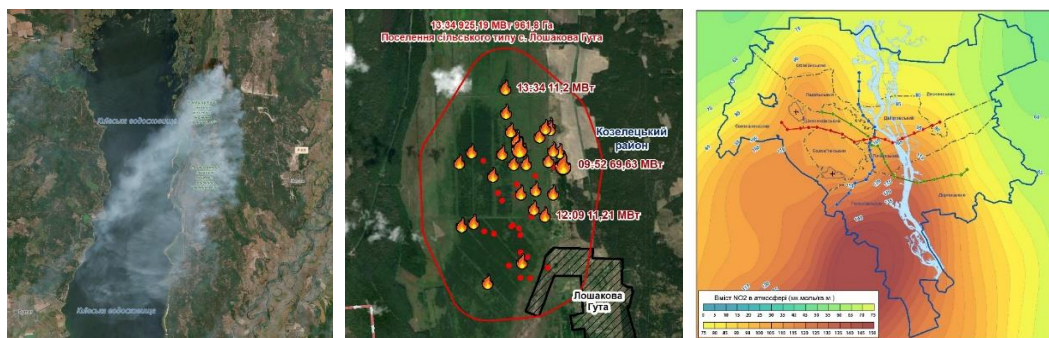


Про якість атмосферного повітря в Україні та столиці від науковців Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України: причини та наслідки



Головною причиною погіршення якості повітря в Києві і Київській області впродовж останніх днів стали пожежі біля с. Лошакова Гута на Чернігівщині. У поєднанні із пожежами на півночі Чернігівської та Сумської областей (поблизу кордону з росією) це привело до погіршення якості атмосферного повітря, які ми відчули ще наприкінці минулого тижня. Фахівці УкрГМІ провели комплексне дослідження та з'ясували деталі.

Останні два тижні спостерігалися високі концентрації забруднюючих речовин внаслідок викидів, спричинених пожежами в екосистемах. Особливо забруднення атмосферного повітря над територією України стало помітним 20-23 вересня. На основі даних супутникових спостережень, які є тим єдиним джерелом, що дозволяє повністю охопити територію України, було визначено концентрації забруднення, напрямки його поширення та причини виникнення. За вмістом діоксиду азоту (NO_2) та монооксиду вуглецю (CO) є можливим проведення аналізу основних осередків викидів, напрямки поширення шлейфів забрудненого повітря, розрізняти взаємний вплив антропогенних викидів у містах та пожеж в екосистемах. А інфрачервоне сканування, яке щодня виконується серією супутників NASA у поєднанні із космічними знімками середньої та високої роздільної здатності, дозволяють точно встановлювати причини цього явища і оцінювати його кількісні характеристики.

Ця робота щоденно проводиться в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України із використанням власної розробленої автоматизованої системи оцінювання стану якості атмосферного повітря за даними супутника Sentinel-5 Precursor (5P) (супутниковий прилад TROPospheric Monitoring Instrument, TROPOMI). Варто пам'ятати, що супутник зондує хімічні домішки один раз на добу близько 13:30 за місцевим часом, і тому ми бачимо одномоментний просторовий розподіл забруднюючих речовин у динамічно змінній атмосфері. Також використовувалася ще одна власна розробка — Система моніторингу викидів тепла та пошуку потенційно небезпечних пожеж. Остання використовує дані денного та нічного послідовного сканування 4-ма супутниками території України. Всі карти, наведені у цій статті, створені автоматичними системами моніторингу.

Перш за все, слід сказати, що пожежа, яка привела до задимлення, не виникла 20 вересня — вона спостерігалася і раніше. Наприклад, 16 вересня в с. Лошакова Гута уже фіксувалася потужна пожежа з виділенням енергії порядку 700 МВт (рисунок 1). Однак напрям вітру (зі сходу за захід) не приводив до задимлення Києва. Те ж саме спостерігалось і 18 вересня (рисунок 2).

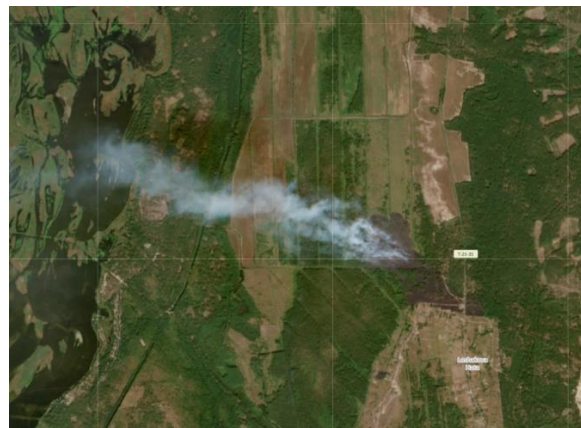
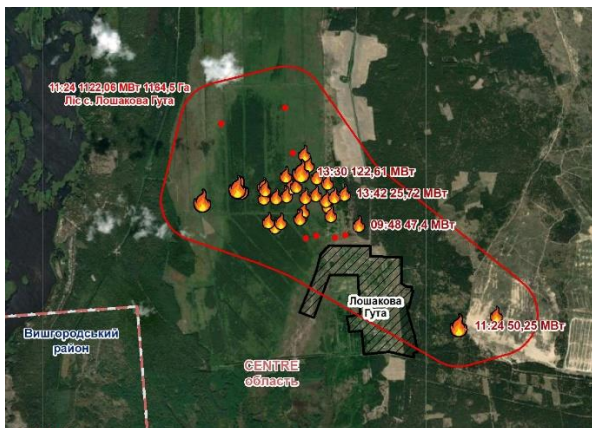


Рисунок 1. Викиди тепла (зліва) і відповідний космічний знімок (справа) станом на 16 вересня 2024 р.

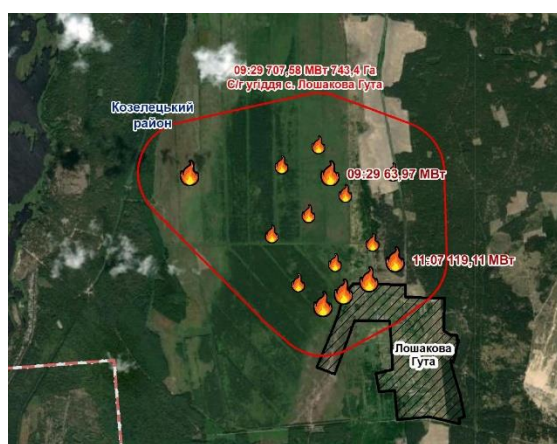


Рисунок 2. Те ж саме — викиди тепла (зліва) і відповідний космічний знімок (справа) станом на 18 вересня 2024 р.

Навіть 14 вересня на цій території спостерігалися невеликі викиди тепла (рисунок 3). Подібна ситуація трапилася у квітні і жовтні 2020 р., коли великим пожежами передували маленькі займання, які періодично виникали на цій території. Ці невеликі займання, за результатами досліджень фахівців УкрГМІ, виникають за умов високої пожежної небезпеки. І лише згодом, за збереження несприятливих умов, займання перетворюються на великі пожежі. Тобто пожежа, яка спричинила незручності для мешканців Києва, виникла 14-15 вересня. Через день вона набула своєї «стандартної» потужності в 500-1000 МВт.



Рисунок 3. Невелике займання біля с. Лошакова Гута, на певній віддалі від актуальної пожежі

Пожежа біля цього села стала головним, але не єдиним джерелом забруднення повітря. Численні пожежі в екосистемах, більшість із яких стали наслідком виходу із під контролю сезонного спалювання рослинних решток, призвели до формування численних осередків забрудненого повітря, що добре простежується на рисунку 4. Враховуючи чутливість супутникових сенсорів та особливості поширення забруднюючих речовин в атмосфері, найпотужніші викиди спостерігаються у Чернігівській та Сумській областях, що добре простежується за вмістом CO (див. рис. 4 Б,Г). На рисунку 4 А,В ми можемо оцінити співвідношення осередків високого вмісту NO₂, яка має властивість швидко виводитися із атмосферного повітря, а тому не формує подібних осередків над пожежами, як наприклад, CO.

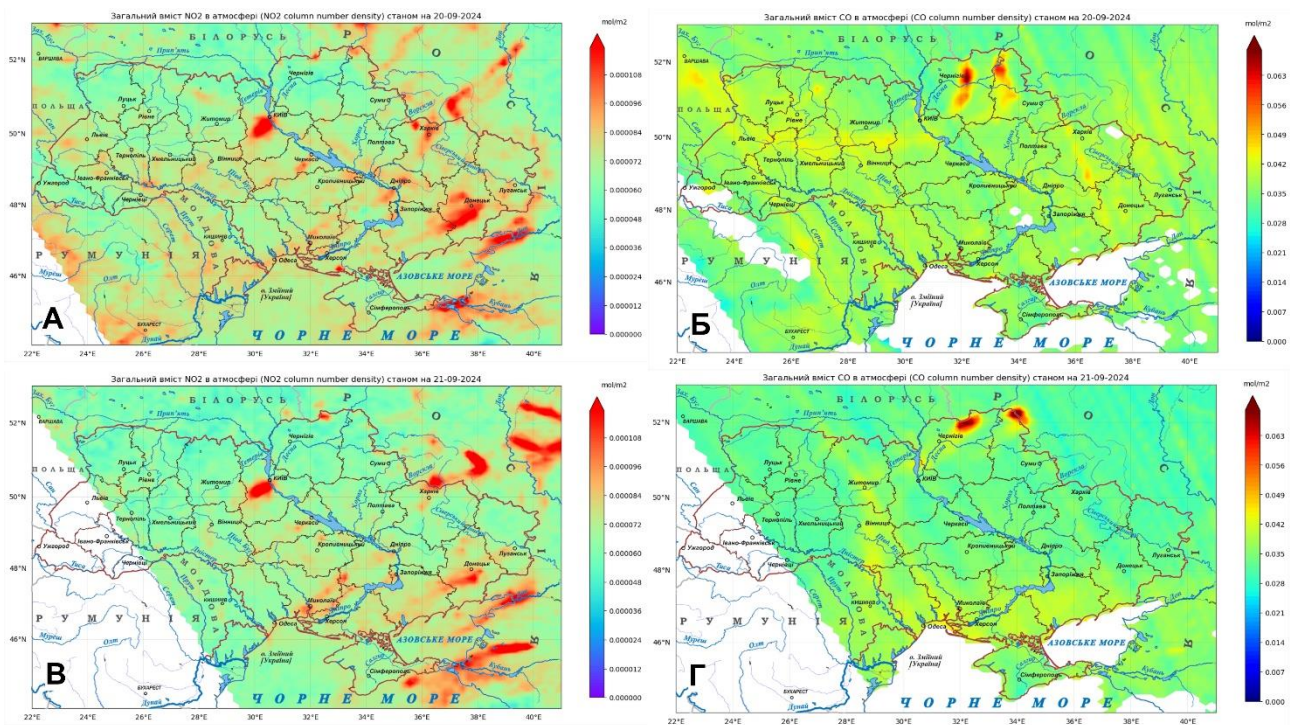


Рисунок 4. Загальний вміст діоксиду азоту, NO₂ (А,В) та монооксиду вуглецю, CO (Б,Г) над територією України протягом 20-21 вересня 2024 р. за даними супутникового приладу TROPOMI супутника Sentinel-5P

У той же час ми спостерігаємо значну кількість осередків NO₂, що приурочені до великих міст та зоні активних бойових дій. При цьому, не завжди у цих місцях спостерігаються формування дуже високого вмісту CO. Це вказує на наявність й інших джерел викидів, спричинені процесами спалювання палива (тобто в автомобільних двигунах та при роботі промислових підприємств).

Ситуація, яка склалася, наприклад, в Києві, багато у чому є наслідком пожеж в екосистемах як за межами міста, так і при перенесенні із більш віддалених осередків у Чернігівській області. У той же час, фактично маємо накладання трьох ефектів, що призводять до погіршення ситуації, та формування осередків і шлейфів забрудненого повітря, як зображено для NO₂ на рисунку 5. Зокрема маємо сукупний вплив:

- 1) викидів від пожеж в екосистемах, що поширюються за напрямком вітру й охоплюють Київ;
- 2) викиди від власних антропогенних джерел – автотранспорту та роботи підприємств. Достатньо порівняти NO₂ над осередками пожеж у Чернігівській та Сумській області та над м. Києвом, щоб зрозуміти різницю і роль від додаткового впливу локальних антропогенних викидів.

3) несприятливі погодні умови до розсіювання забруднюючих речовин. Як наслідок, особливо у нічні години та вранці, маємо погіршення стану якості атмосферного повітря саме у приземному шарі.

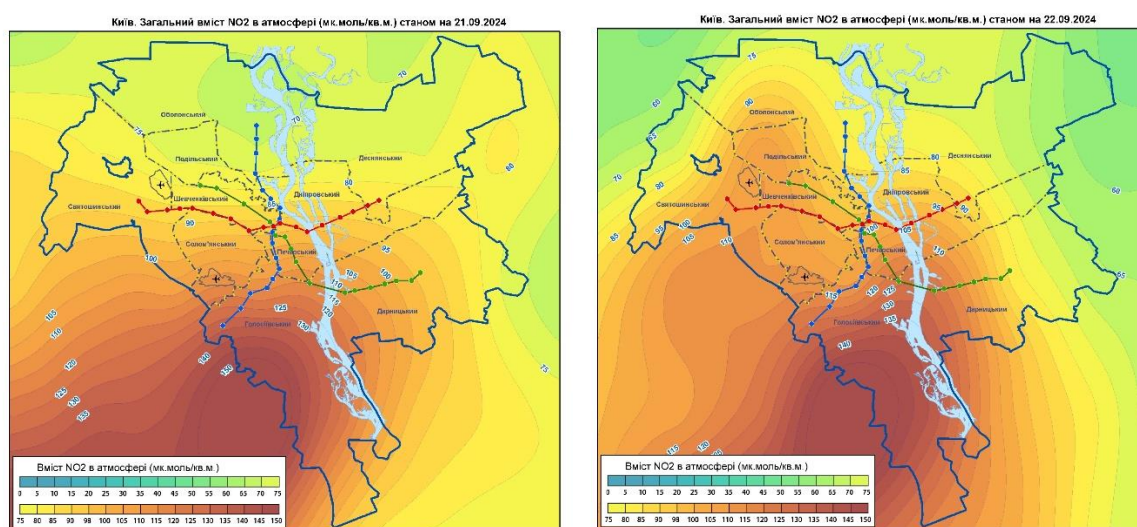
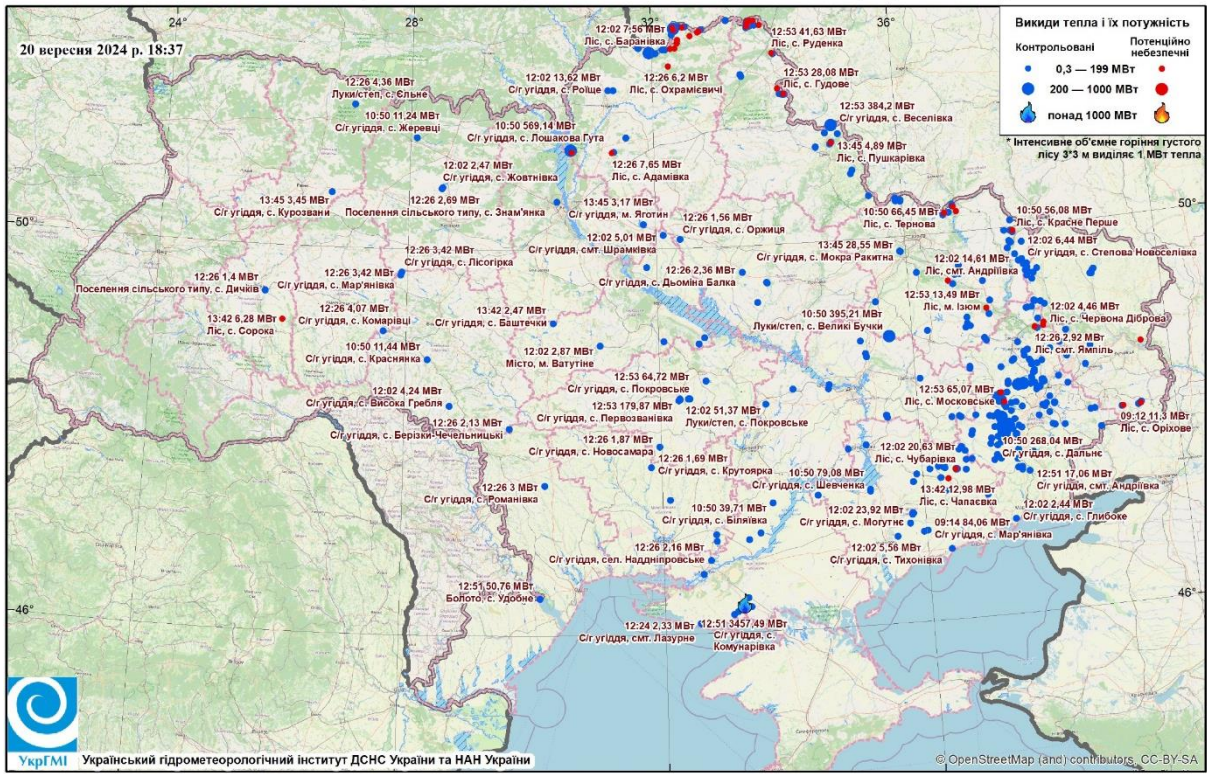


Рисунок 5. Поширення шлейфу забрудненого повітря над м. Київ, на прикладі діоксиду азоту (NO₂) за 21-22 вересня 2024 р. за даними супутникового приладу TROPOMI супутника Sentinel-5P

За таких умов та сукупної дії цих трьох факторів фахівці спостерігали часту повторюваність незадовільної ситуації із якістю атмосферного повітря у великих містах за останні кілька тижнів.

20 вересня наприклад, напрям вітру змінився із західного на південно-південно-західний, що привело до потрапляння диму та забрудненого повітря на територію Києва. Дим від пожежі, як було описано вище, поєднався із забрудненнями від бойових дій на півночі Сумської та Чернігівської областей. На карті викидів тепла (рисунок 6) пожежі на північному кордоні утворюють «шлейф» осередків, що не може бути випадковістю (ймовірно це піротероризм з боку росії). Дим від пожеж можна прослідувати на щоденних космічних знімках, зроблених супутником Terra (ресурс FIRMS, <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>, рисунок 7).

Викиди тепла (за даними супутників: NOAA-20, Suomi NPP, Aqua і Terra)



* Контрольовані викиди тепла фіксуються у місцях із невеликими запасами горючих речовин або на об'єктах із протипожежними засобами. Потенційно небезпечні – на території лісів або великих масивів степу

Рисунок 6. Карта викидів тепла за світлу частину доби 20 вересня 2024 р.

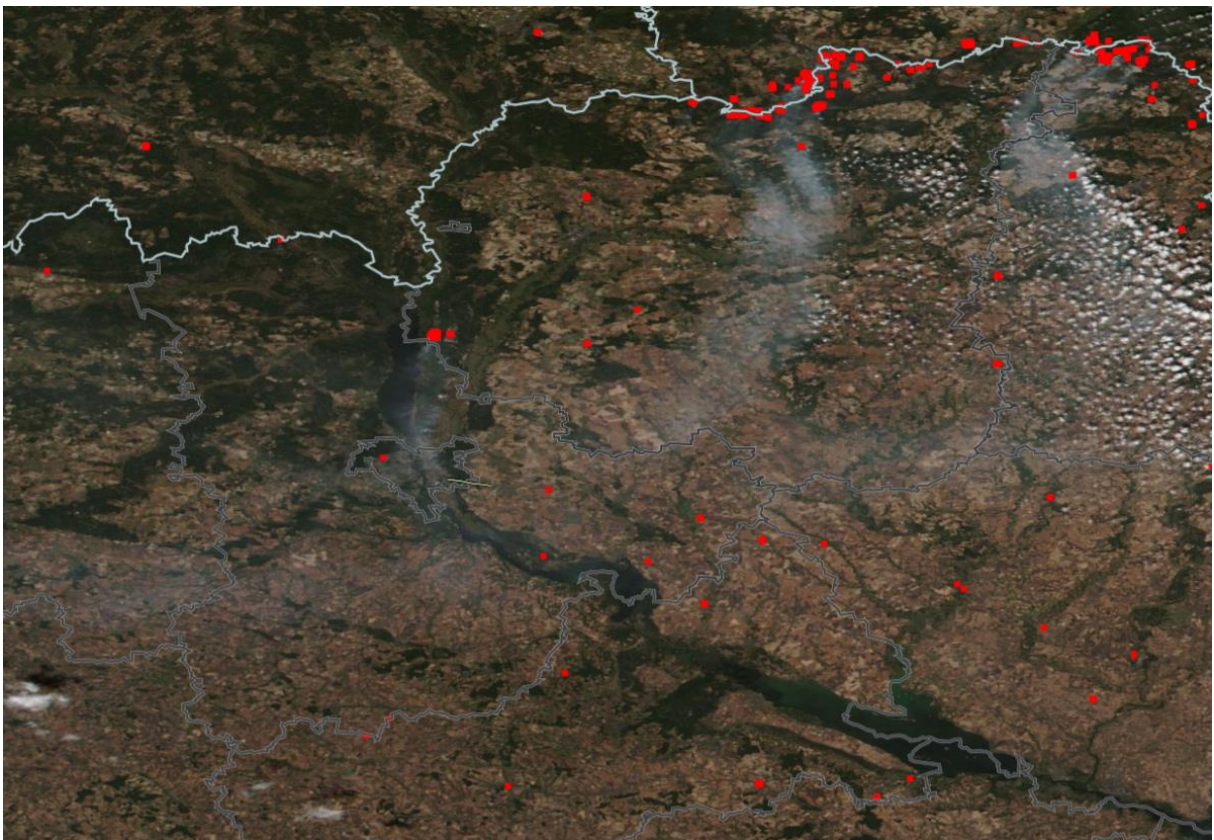


Рисунок 7. Шлейфи диму від пожеж станом на 20 вересня 2024 р. (ресурс FIRMS, <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>)

Пожежа за опрацьованими даними інфрачервоної супутникової зйомки виглядає так, як показано на рисунку 8. Теплові аномалії невеликої потужності показані точками, більш інтенсивні – вогниками. Сумарна потужність осередків, яка складає 619 МВт, варіюється від 300 до порядку 1000 МВт в різний час доби.

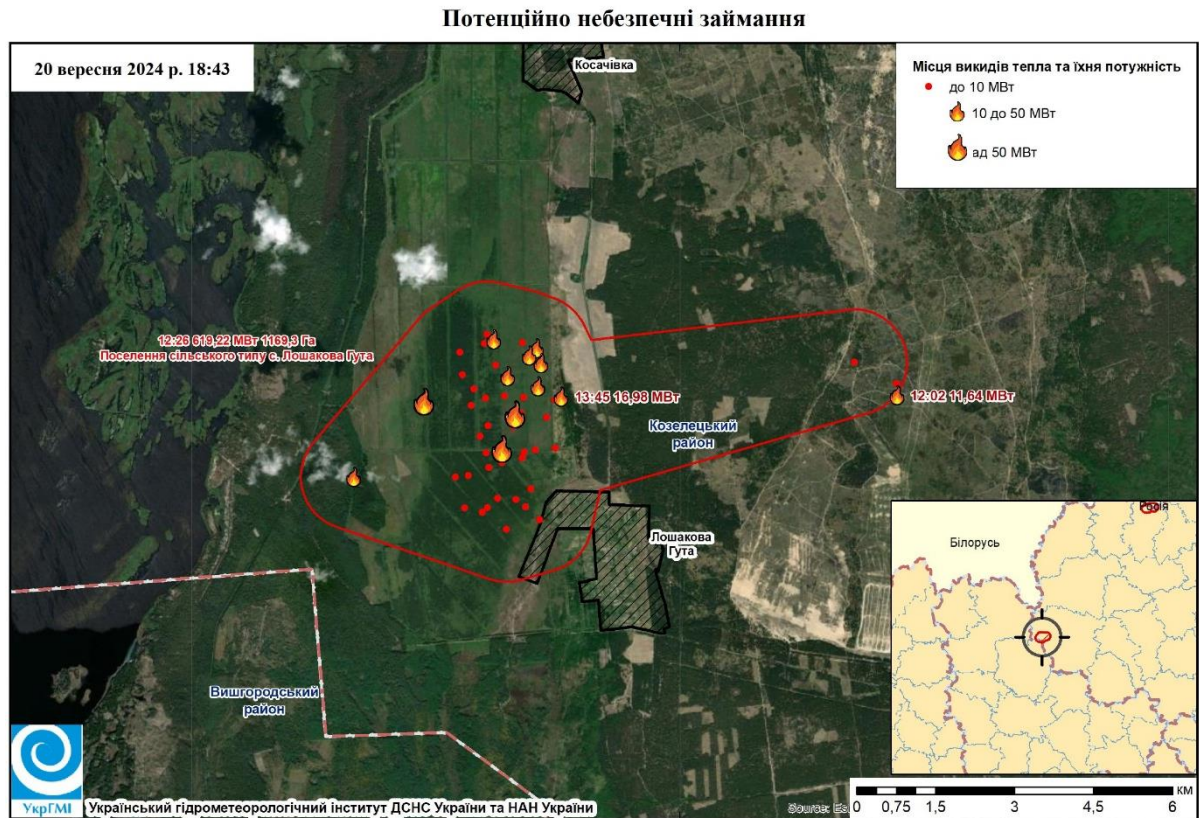


Рисунок 8. Космофотокарта пожежі біля с. Лошакова Гута Чернінівської області станом на 20 вересня 2024 р.

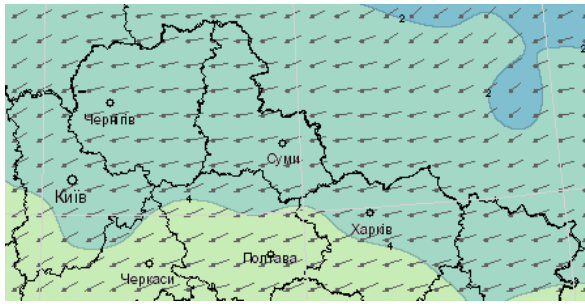
Менший рівень задимленості, який спостерігався 21 вересня, спричинений зменшенням швидкості вітру і певною зміною його напрямку (рисунок 9).



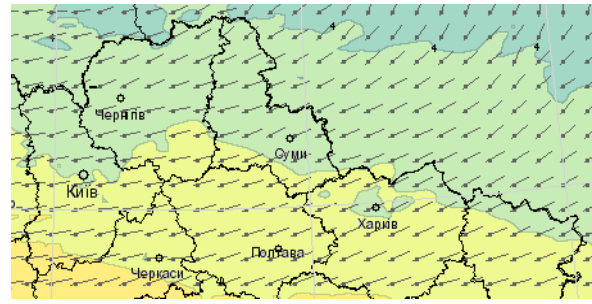
Рисунок 9. Шлейфи диму від пожеж. Космічний знімок, виконаний супутником Terra, 21 вересня 2024 р. (ресурс Copernicus, <https://browser.dataspace.copernicus.eu>)

Для отримання просторово-часового розподілу швидкості та напрямку вітру у приземному шарі атмосфери було застосовано моделювання атмосферних процесів. Так, на території північно-східних областей України у межах нижнього десятиметрового шару атмосфери впродовж доби 19 вересня перенесення повітряних мас відбувалося із північного сходу на південний захід та схід, швидкість вітру при цьому становила 2-4 м/с у нічні та ранкові години і досягала 8-12 м/с у денні години.

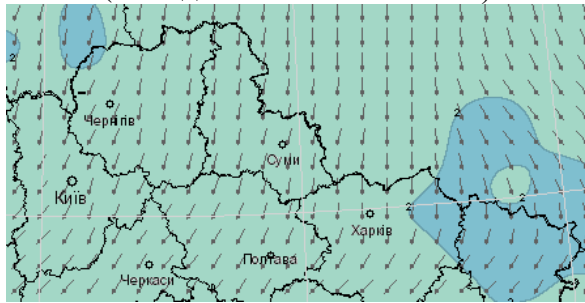
Упродовж 20 вересня перенесення повітряних мас відбувалося із півночі – північного сходу на південь – південний захід, швидкість вітру упродовж доби була у межах 2-10 м/с. У першій половині доби 21 вересня перенесення повітряних мас відбувалося півночі – північного сходу на південний захід, швидкість вітру коливалася від 1 до 4 м/с. У другій половині дня напрямок вітру змінився із північно-східного на північно-західний. Вранці 22 вересня вітер змінив свій напрямок і повітряні маси знову почали переміщуватися зі швидкістю 2-4 м/с із північного-сходу на південний захід. Все це проілюстровано на рисунку 10.



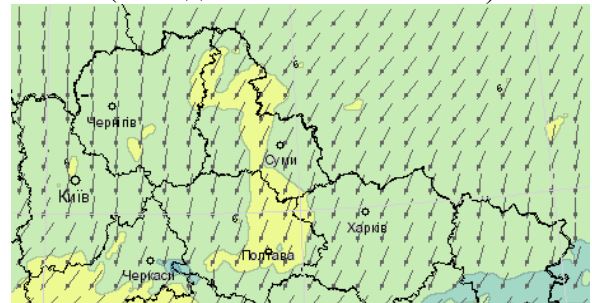
19 вересня 2024 р
(03 год. за Київським часом)



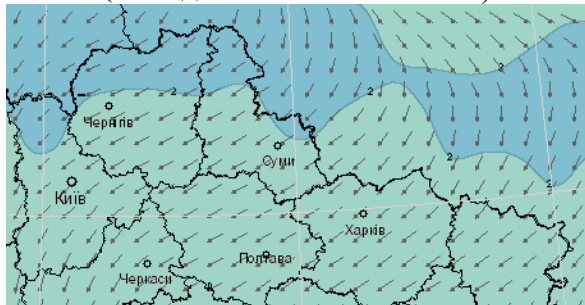
19 вересня 2024 р
(15 год. за Київським часом)



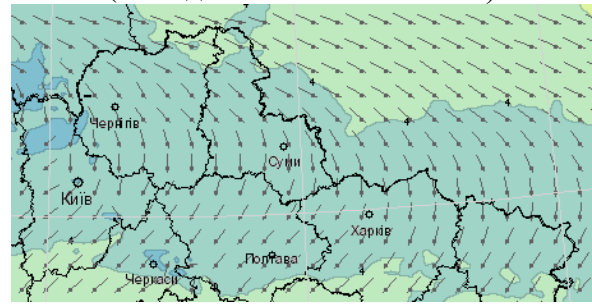
20 вересня 2024 р
(03 год. за Київським часом)



20 вересня 2024 р
(15 год. за Київським часом)



21 вересня 2024 р
(03 год. за Київським часом)



21 вересня 2024 р
(15 год. за Київським часом)

Шкала швидкості вітру

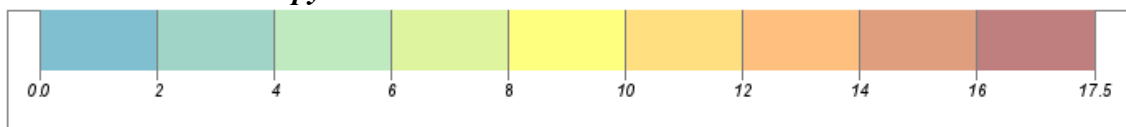
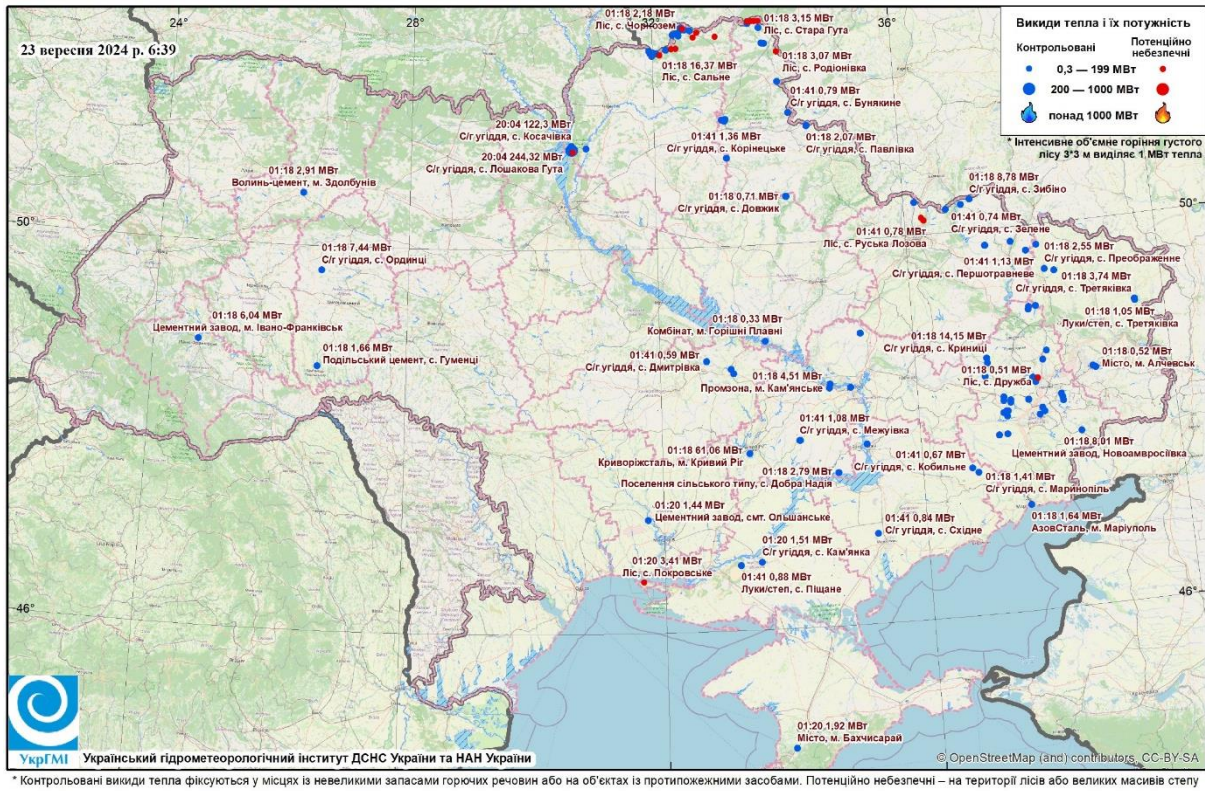


Рисунок 10. Результати модельних розрахунків приземної швидкості вітру (на висоті 10 м) у північно-східних областях України впродовж 19-22 вересня 2024 р.

Станом на 23 вересня 2024 р. займання на торфовищах біля с. Лошакова Гута продовжувалися. Про це свідчать викиди тепла, отримані шляхом супутникового сканування і показані на відповідних картах. Рисунок 11 показує викиди тепла на територію України за час нічного сканування її території. На рисунку 12 відображені займання на торфовищі та біля кордону на півночі Чернігівської обл. Зменшення інтенсивності викидів тепла і потужності пожежі пов'язано зі зменшенням температури вночі, (зменшується температура розігрітих ділянок місцевості). Рисунок 13 аналогічний рисунку 11, тільки сканування виконано до обіду 23 вересня.

Викиди тепла (за даними супутників: NOAA-20, Suomi NPP, Aqua i Terra)



* Контрольовані викиди тепла фіксуються у місцях із невеликими запасами горючих речовин або на об'єктах із протипожежними засобами. Потенційно небезпечні – на території лісів або великих масивів степу

Рисунок 11. Карта викидів тепла станом на 23 вересня 2024 р. (нічна зйомка)

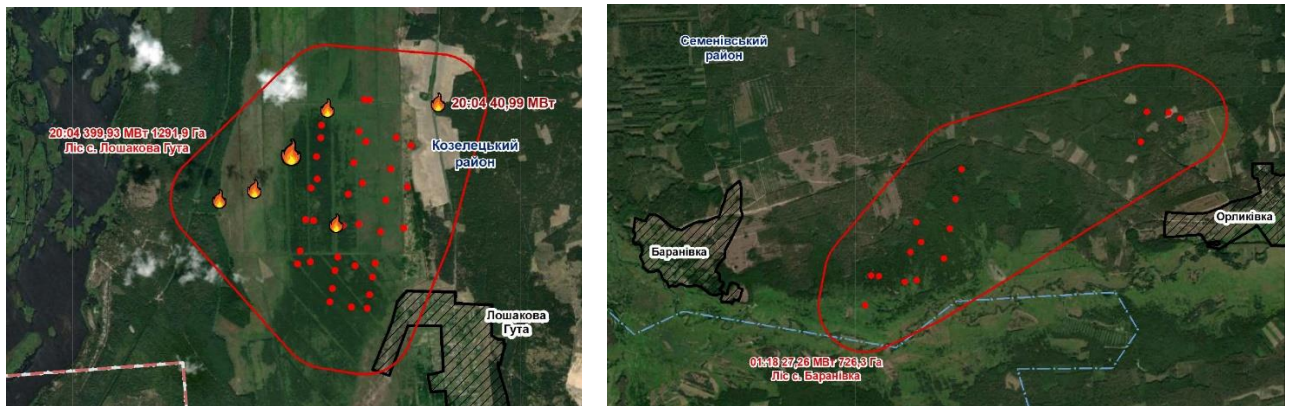


Рисунок 12. Космофотокарти викидів тепла займання на торфовищі та біля кордону на півночі Чернігівської обл. Нічна зйомка 23 вересня 2024 р.

Викиди тепла (за даними супутників: NOAA-20, Suomi NPP, Aqua і Terra)

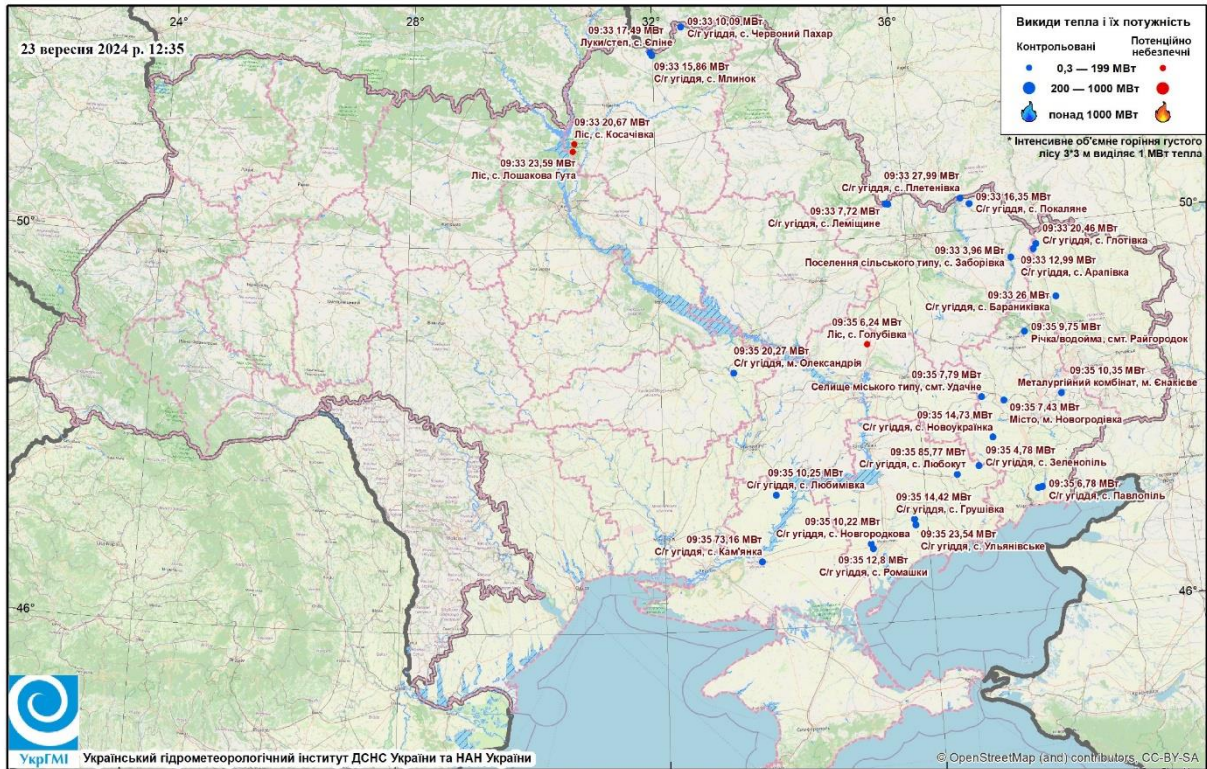


Рисунок 13. Карта викидів тепла станом на 23 вересня 2024 р. (супутникова зйомка в I половині дня)

Тривалість пожежі, яка відбувається практично на одному місці, вказує на великий запас горючої речовини. Це не лісова пожежа, принаймні вона не виглядає, як лісова. Останні швидко поширюються із вітром, її осередки мають високу інтенсивність випромінювання тепла. Для пожежі на луках (степях) — занадто висока стабільність контуру пожежі. Пожежі на полях швидко мігрують, через невеликий запас палива. За кілька днів на космічних знімках має бути видно згарище, а контур пожежі має змститися. Пожежі на луках мають лінійний, а не площадний характер через невеликий запас біоматеріалу, що згорає. Тобто це не лісова і не степова пожежа, але об'ємна пожежа.

По «Карті ґрунтів України» масштабу 1:200 000, виданої в 1969 р. встановлено, що на захід від с.Лошакова Гута поширені низинні торфовища (рисунок 14). Саме торф найбільш точно відповідає характеру пожежі: відносно висока потужність горіння, стабільність контуру пожежі в поєднанні із великою тривалістю останньої. Водночас на супутникових знімках на місці пожежі відсутній лісовий покрив.



Рисунок 14. Фрагмент карти ґрунтів Київської та Чернігівської областей і легенди до неї

Таким чином, задимлення в м. Київ і Київській області і погіршення якості повітря зумовлене головним чином займанням на торфовищі біля с. Лошакова Гута Чернігівської області і бойовими діями на півночі Чернігівської та Сумської областей. Такі пожежі складно загасити впродовж кількох днів. Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України продовжує роботу над моніторингом цієї ситуації.